

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-221514

(43) 公開日 平成7年(1995)3月18日

(51) Int. Cl.  
H01P 5/22

識別記号 片内整理番号

P 1

技術表示箇所

特許請求 未請求 請求項の数 1 FD (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-32068

(22) 出願日 平成6年(1994)2月4日

(71) 出願人 000227892

日本アンテナ株式会社

東京都荒川区西尾久7丁目48番8号

(72) 発明者 渡部 亨

埼玉県蕨市北町4丁目7番4号 日本アンテナ株式会社敷工場内

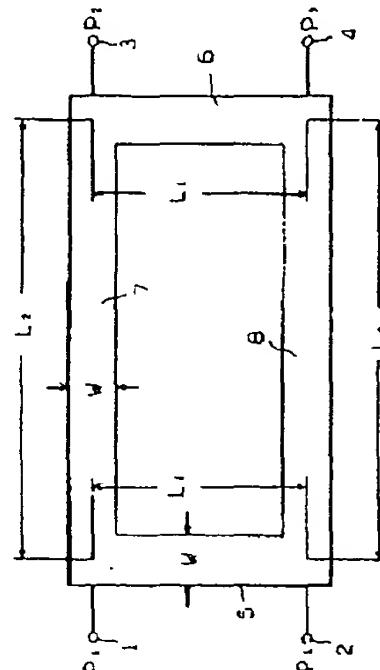
(74) 代理人 弁護士 浅見 保男 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ハイブリッドリング回路

(57) 【要約】

【目的】 1種類の線路幅の線路で構成できるハイブリッドリング回路を提供すること。

【構成】 端子P<sub>1</sub>と端子P<sub>2</sub>間及び端子P<sub>3</sub>と端子P<sub>4</sub>間にはインピーダンスが略等とされ、位相角が略θ、とされた線路7、線路8が接続され、端子P<sub>1</sub>と端子P<sub>3</sub>間及び端子P<sub>2</sub>と端子P<sub>4</sub>間にはインピーダンスが略等とされ、位相角が略θ、とされた線路5、線路6が接続されている。4本の線路5、6、7、8の線路幅はすべてWとされている。位相角θは(180°-θ、1)に等しくされて、ハイブリッドリング回路の1周の位相角は360°とされている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 4本の線路をリング状に接続すると共に、4か所の前記線路同士の接続点をインピーダンスが略 $Z_0$ の入力端子あるいは出力端子とするハイブリッドリング回路において

インピーダンス $Z_0$ を

【数1】

$$Z_0 = \frac{Z_0}{\sqrt{2}}$$

とする時、前記4本の線路のインピーダンスが略 $Z_0$ とされ、

位相角 $\theta$ 、を、

【数2】

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \right\}$$

とする時、前記4本の線路のうちの対向する2本の位相角が略 $\theta_1$ とされ、残る2本の線路の位相角 $\theta_2$ が $(180^\circ - \theta_1)$ とされていることを特徴とするハイブリッドリング回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、入力信号と出力信号との位相差が $90^\circ$ であると共に、電力を2等分できるハイブリッドリング回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ハイブリッド回路は方向性を有する電力2等分回路であり、この回路は電力分配器、可変位相器、可変減衰器などに用いられている。ハイブリッド回路の代表的な回路には、ハイブリッドリング回路、ラットレース回路、アルホードハイブリッド回路等が知られているが、この内のハイブリッドリング回路の従来例を図7に示す。なお、この従来例は特開平4-207204号公報に従来例として記載されている。

【0003】 この図に示すハイブリッドリング回路は4本の線路107～110がリング状に接続されて構成されているが、端子101と端子103とを結ぶ線路107はインピーダンス $Z_0$ （線路幅 $W_1$ ）、電気長 $1/4$ 波長とされており、端子102と端子104とを結ぶ線路108はインピーダンス $Z_0$ （線路幅 $W_2$ ）、電気長 $1/4$ 波長とされている。さらに、端子101と端子102とを結ぶ線路109はインピーダンス $Z_0$ （線路幅 $W_1$ ）、電気長 $1/4$ 波長とされており、端子103と端子104とを結ぶ線路110はインピーダンス $Z_0$ （線路幅 $W_2$ ）、電気長 $1/4$ 波長とされている。また、端子101、103はインピーダンス $Z_0$ （線路幅 $W_1$ ）の線路105を介して線路107と線路109の接続点及び線路107と線路110の接続点にそれぞれ接続されている。さらに、端子102、104はインビ

2

ーダンス $Z_0$ （線路幅 $W_2$ ）の線路106を介して線路108と線路109の接続点及び線路108と線路110の接続点にそれぞれ接続されている。

【0004】 なお、インピーダンス $Z_0$ は、インピーダンス $Z_0$ を2の平方根で割ったインピーダンスになるように、すなわち線路幅 $W_1$ が線路幅 $W_2$ より広くなるように選定されており、インピーダンス $Z_0$ はインピーダンス $Z_0$ と同一になるように、すなわち線路幅 $W_1$ と線路幅 $W_2$ が同一になるように選定されている。このように構成されたハイブリッドリング回路においては、端子101に入力された高周波信号は端子103と端子104とから $90^\circ$ の位相差を有すると共に、2等分されて出力されるが、端子102からは信号は出力されない。すなわち、端子101と端子103及び端子104間の結合度が公称3dBとされる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記従来のハイブリッドリング回路においては、2種類の線路幅が交互にリング状となっており、そのパターン形状が複雑になると共に、線路をストリップ線路化した場合、線路幅の違いにより実効定数率が異なるようになるため設計が困難となっていた。これらの理由により、従来例のハイブリッドリング回路においては設計通りの特性を得にくいという問題点があった。そこで、本発明は1種類の線路幅の線路でリングを構成できるハイブリッドリング回路を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明は4本の線路をリング状に接続すると共に、4か所の線路同士の接続点をインピーダンス $Z_0$ の入力端子あるいは出力端子とするハイブリッドリング回路において、インピーダンス $Z_0$ を

【数3】

$$Z_0 = \frac{Z_0}{\sqrt{2}}$$

とする時、前記4本の線路のインピーダンスを略 $Z_0$ とし、位相角 $\theta_1$ 、を、

【数4】

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \right\}$$

とする時、前記4本の線路の内の対向する2本の位相角を略 $\theta_1$ とし、残る2本の線路の位相角 $\theta_2$ を $(180^\circ - \theta_1)$ とするようにしたものである。

【0007】

【作用】 ハイブリッドリング回路を構成する4本の線路の線路幅が1種類で良いため、線路の特性インピーダンスが1種類となるので、設計を容易に行うことができると共に、設計通りの特性を得ることができる。また、線

路をストリップ線路化した場合、線路幅の違いによる遅延率の差を考慮する必要がないので、線路長を正確に算出することができ、設計が容易になる。

【0003】

【実施例】本発明のハイブリッドリング回路を図1に示す。この図において、端子P<sub>1</sub>と端子P<sub>2</sub>、間及び端子P<sub>3</sub>と端子P<sub>4</sub>、間にはインピーダンスが略Z<sub>c</sub>とされ、位相角が略θ、とされた線路7、線路8がそれぞれ接続され、端子P<sub>1</sub>と端子P<sub>3</sub>、間及び端子P<sub>2</sub>と端子P<sub>4</sub>、間にはインピーダンスが略Z<sub>c</sub>とされ、位相角が略θ、とされた線路5、線路6がそれぞれ接続されている。これらの4本の線路5、6、7、8の線路幅はすべてΩとされており、そのインピーダンスZ<sub>c</sub>は次式で示される。

【数5】

$$Z_c = \frac{Z_0}{\sqrt{2}} \quad \dots (1)$$

ただし、Z<sub>0</sub>は各端子1、2、3、4の入出力インピーダンスである。

【0009】さらに、線路5、6の位相角は次式で示す位相角θ、と等しくされ、線路7、8の位相角θ、は(180°-θ、)に等しくされている。すなわち、ハイブリッドリング回路の1周の位相角は約360°とされている。

【数6】

$$Z_1 = Z_2 \quad \dots (4)$$

とされている。ただし、Z<sub>1</sub>は各端子の入出力インピーダンスである。ここで、インピーダンスZ<sub>1</sub>とインピーダンスZ<sub>2</sub>との相乗平均値を、次のように求めインピー

$$Z_c = \sqrt{Z_1 \times Z_2} = \sqrt{Z_0 \times \frac{Z_0}{\sqrt{2}}} = \frac{Z_0}{\sqrt{2}} \quad \dots (5)$$

【0011】図2にインピーダンスZ<sub>1</sub>、位相角θ、=90°の線路を示すが、この線路と等価な線路をインピーダンスZ<sub>c</sub>の線路を用いて実現するには、インピーダンスZ<sub>1</sub>がインピーダンスZ<sub>c</sub>より小さく、位相が90°より小さい線路を用いて図3に示すようにインピーダンスZ<sub>c</sub>の線路26の両端にコンデンサCを接続す★

$$\sin \theta_1 = \frac{Z_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{Z_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \dots (7)$$

となり、この(7)式より前記(2)式に示す位相角θ、が得られる。また、コンデンサCは次式に示すように表される。

【数10】

$$C = \frac{1}{\omega_0 \cdot Z_c \cdot \tan \theta_1} \quad \dots (8)$$

ただし、ω<sub>0</sub>は使用中心角周波数である。

【0012】次に、図4にインピーダンスZ<sub>1</sub>、位相角θ、=90°の線路を示すが、この線路と等価な線路

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left[ \frac{1}{\sqrt{2}} \right] \quad \dots (2)$$

また、端子1、3は線路5と線路7の接続点及び線路6と線路8の接続点にそれぞれ接続されている。さらに、端子2、4は線路5と線路8の接続点及び線路6と線路8の接続点にそれぞれ接続されている。このように構成されたハイブリッドリング回路においては、端子1に投入された高周波信号は端子3と端子4とに2等分されて出力されるが、端子2からは信号は出力されない。すなわち、端子1と端子3及び端子4間の結合度が公称3dBとされる。なお、端子2にはインピーダンスZ<sub>0</sub>のダミーロードを接続しておくのが一般的である。また、端子3と端子4とから出力される信号間には90°の位相差がある。

【0010】次に、インピーダンスZ<sub>c</sub>と位相角θ、及び位相角θ、について説明する。一般に、ハイブリッドリング回路における4本の線路のインピーダンスは、対向する2本の線路のインピーダンスZ<sub>1</sub>が、

【数7】

$$Z_1 = \frac{Z_0}{\sqrt{2}} \quad \dots (3)$$

とされ、残る2本の線路のインピーダンスZ<sub>2</sub>が、

※ダンスZ<sub>c</sub>とする。

【数8】

★るようにして、見かけのインピーダンスを低くすれば良い。この時の位相角をθ、とすると位相角θ、は、

$$\sin \theta_1 = Z_1 / Z_c \quad \dots (6)$$

と表され、この(6)式に前記(3)式及び(5)式を代入すると、

【数9】

をインピーダンスZ<sub>c</sub>の線路を用いて実現するには、インピーダンスZ<sub>2</sub>がインピーダンスZ<sub>c</sub>より大きく、位相が90°より大きい線路を用いて図5に示すように、インピーダンスZ<sub>c</sub>の線路32の両端にインダクタLを接続するようにして、見かけのインピーダンスを高くすれば良い。

【0013】この時の位相角をθ、とすると位相角θ、は、

$$\sin \theta_2 = Z_c / Z_L \quad \dots (9)$$

と表され、この(9)式に前記(4)式及び(5)式を \*【数11】  
代入すると、

$$\sin \theta_2 = \frac{Z_c}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{Z_c} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \dots (10)$$

となる。ところが、位相角 $\theta_2$ は、前述の条件より ※とされているため、位相角 $\theta_2$ は、  
 $90^\circ < \theta_2 < 180^\circ$  ※【数12】

$$\theta_2 = 180^\circ - \left[ \sin^{-1} \frac{1}{\sqrt{2}} \right] = 180^\circ - \theta_1 \quad \dots (11)$$

となり、(11)式に示すように位相角 $\theta_2$ として、位 ★しは次式で示されるように表される。  
相角 $(180^\circ - \theta_1)$ が得られる。なお、インダクタ★【数13】

$$L = \frac{Z_c \cdot \tan \theta_2}{\omega_c} \quad \dots (12)$$

ただし、 $\omega_c$ は使用中心角周波数である。

【0014】このようにして実現した、インピーダンス  
 $Z_c$ の線路を用いた等価線路によりハイブリッドリン  
グ回路を構成すると、図6に示すようになる。この図に  
おいて、端子 $P_1$ と端子 $P_2$ 間及び端子 $P_3$ と端子 $P_4$ 、  
間には前記(1)式に示すインピーダンス $Z_c$ 、前記  
(11)式に示す位相角 $\theta_2$ の線路32が接続され、端  
子 $P_1$ と端子 $P_3$ 間及び端子 $P_2$ と端子 $P_4$ 間には前記☆

☆(1)式に示すインピーダンス $Z_c$ 、前記(2)式に示  
す位相角 $\theta_1$ の線路26が接続されている。

【0015】さらに、線路32と線路26との接続点に  
は、前記図3に示すコンデンサC及び図5に示すインダ  
クタLが並列に接続されている。このコンデンサCとイン  
ダクタLとの並列回路の合成アドミタンスをBとする  
と、

$$B = \omega_c L - (1/\omega_c C) \quad \dots (13)$$

となる。ただし、 $\omega_c$ は使用中心角周波数である。この ◆◆(13)式に前記(8)式及び(9)式を代入すると、

$$B = -Z_c (\tan \theta_1 + \tan \theta_2) \quad \dots (14)$$

となる。ここで、前記(11)式より

$$\theta_2 = (180^\circ - \theta_1)$$

であるから、

$$\tan \theta_2 = -\tan \theta_1$$

となるため、前記(14)式で示される合成アドミタ  
ンスBは $B=0$ となる。

【0016】すなわち、コンデンサCとインダクタLと\*【数14】

$$L_1 = \frac{\theta_1}{360} \times \lambda_c = \frac{\sin^{-1} \left[ \frac{1}{\sqrt{2}} \right]}{360} \cdot \lambda_c \quad \dots (13)$$

で表され、線路32の線路長 $L_1$ は ※※【数15】

$$L_1 = \frac{\theta_2}{360} \times \lambda_c = \frac{180 - \sin^{-1} \left[ \frac{1}{\sqrt{2}} \right]}{360} \cdot \lambda_c \quad \dots (14)$$

で表される。前記(13)式及び(14)で示される線★★路長 $L_1$ と線路長 $L_1$ とを近似的に表すと、

$$L_1 \approx 0.159 \lambda_c \quad \dots (15)$$

$$L_1 \approx 0.341 \lambda_c \quad \dots (16)$$

となる。ただし、 $\lambda_c$ は使用中心角周波数における波長で  
ある。

【0018】このようにして、構成したハイブリットリン  
グ回路が前記図1に示すハイブリットリングなのであ  
る。図1に示すハイブリットリング回路において、使用

中心角周波数 $f_c$ が100MHz、 $Z_c = 50 \Omega$ の場合の  
一例を示すと、インピーダンス $Z_c$ は約42.045 $\Omega$   
となり、線路5、6の線路長 $L_1$ は約477mm、線路  
7、8の線路長 $L_1$ は約1023mmとなる。そして  
位相角 $\theta_1$ は約57.23°となり、位相角 $\theta_2$ は約1

22, 77.となる。このようにして構成したハイブリッドリングの端子P<sub>1</sub>に図22の信号を入力すると、この信号は端子P<sub>1</sub>と端子P<sub>2</sub>から等分に分配されて出力され、端子P<sub>3</sub>からは信号は出力されない。この場合、端子P<sub>3</sub>にはインピーダンスZ<sub>0</sub>のダミーロードを接続しておくようにする。なお、本発明のハイブリッドリング回路は矩形に限らず、円形としてもよい。

【0019】

【発明の効果】本発明は以上のように構成されているので、ハイブリッドリング回路を構成する4本の線路の線路幅が1極端で良く、線路の特性インピーダンスが1極端となるため、設計を容易に行うことができると共に、設計通りの特性を得ることができ、また、線路をストリップ線路化した場合、線路幅の違いによる起端率の差を考慮する必要がないので、線路長を正確に算出することができ、設計を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のハイブリッドリング回路を示す図である。

\*【図2】ハイブリッドリング回路を構成する線路の1本を示す図である。

【図3】ハイブリッドリング回路を構成する等価的な線路の1本を示す図である。

【図4】ハイブリッドリング回路を構成する線路の他の1本を示す図である。

【図5】ハイブリッドリング回路を構成する等価的な他の線路の1本を示す図である。

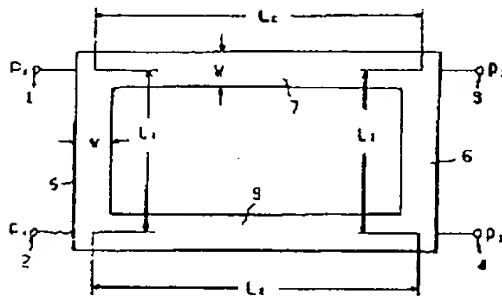
【図6】等価的な線路で構成したハイブリッドリング回路を示す図である。

【図7】従来のハイブリッドリング回路を示す図である。

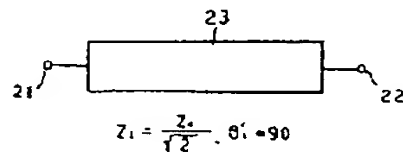
【符号の説明】

1, 2, 3, 4, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 101, 102, 103, 104 端子  
5, 6, 7, 8, 23, 26, 29, 32, 105, 106, 107, 108, 109, 110 線路

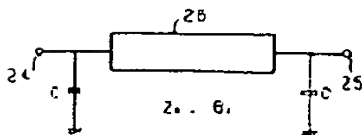
【図1】



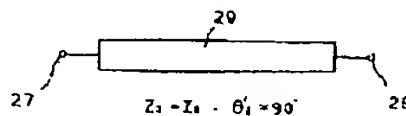
【図2】



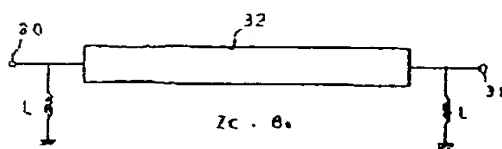
【図3】



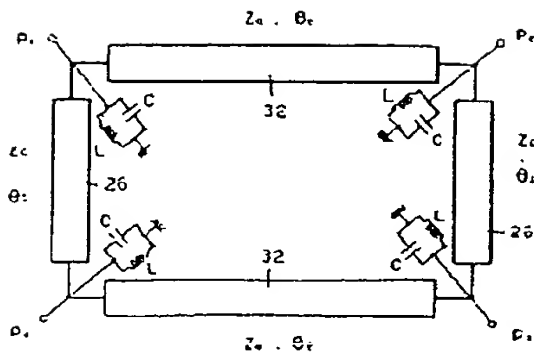
【図4】



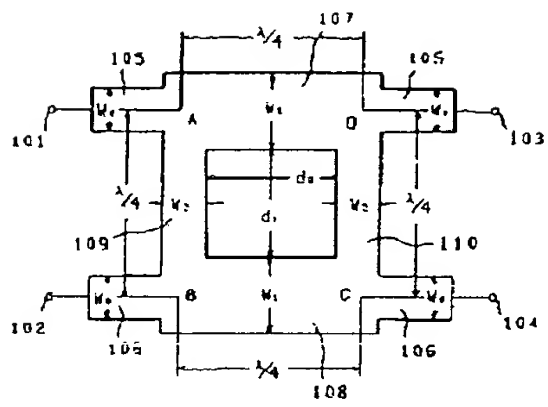
【図5】



〔図6〕



〔図7〕



19. Japan Patent Office (JP)  
12. Laid-open disclosure public patent bulletin (A)

11 Laid-open patent publication

1995-221514

(43) Laid-open disclosure date: August 18, 1995

51.Int. Cl.<sup>7</sup>  
H 01 P 5/22

Identification symbol

JPO file number F1

Technical indication point

Examination request: Not yet requested Number of inventions: 1 (Total 6 pages)

21. Patent application: 1994-32068

71 Applicant: 000227892

Japan Antenna Co  
7-49-8 Nishiogu,  
Arakawa-ku, Tokyo

22. Date of application: February 4, 1994

72. Inventor: Takashi Watanabe  
Yabu Factory,  
Japan Antenna Co.  
1015 Kamikodanaka  
4-7-4 Kitamachi, Yabu-City,  
Suitama

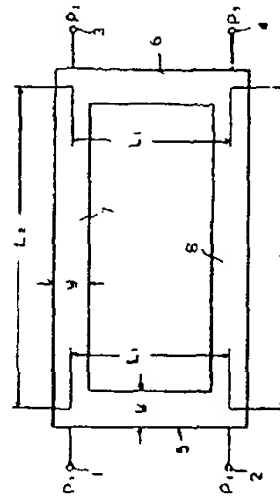
74. Proctor: Yasuo Asami, Patent attorney et al

(54) Title of invention: Hybrid ring circuit

(57) Brief summary of the invention:

Object: To provide a hybrid ring circuit comprising of lines of one line width.

Configuration: There is the impedance  $Z_0$  between the port P1 and the port P2, and between the port P3 and the port P4 and it is connected to the lines 7 and 8 which phase angle is  $\theta_2$ . There is the impedance  $Z_0$  between the port P1 and the port P4 and between the port P2 and the port P3 and it is connected to the lines 5 and 6 which phase angle is  $\theta_2$ . The widths of four lines 5,6,7,8 are all  $W$ . The phase angle  $\theta_2$  is equal to  $(180 \text{ degree} - \theta_2)$  and the phase angle of a hybrid ring circuit is 360 degree.



1

Scope of claims:

Claim 1) On the hybrid ring circuit which lines are connected as a ring and the impedance of the connection area is the input port or the output port.

And if the impedance  $Z_c$  is set as  
(Number 1)

$$Z_c = Z_0 / \sqrt{2}$$

And when the impedances of the aforementioned four lines are  $Z_c$ , the phase angle  $\theta$  will be  
(Number 2)

$$\theta = \sin^{-1}(1/\sqrt{2})$$

the phase angle of two opposing lines on the aforementioned four lines will be  $\theta$  and the phase angle  $\theta$  on the rest of the two lines is set as  $(180 \text{ degree} - \theta)$  on this hybrid ring circuit.

Detailed description of the invention:

0001:

Field of the invention: This invention is for a hybrid ring circuit which phase angle of the input signal and the output signal is 90 degrees and which divides the electric power in half.

0002:

Description of relevant diagram: The hybrid circuit is a mediator circuit which has a direction and this circuit is used for an electric distributor, a variable phase machine, and a variable fader.

As the representative circuit of hybrid circuit, a hybrid ring circuit, a rat race circuit, and a hoard circuit are well known, but we will show a conventional example of the hybrid ring circuit in Figure 7. Besides, this example is mentioned as a conventional example in Japanese published unexamined application No. 1992-207204.

0003: The hybrid ring circuit in this figure comprises of the ring-shaped four lines 107-110. The impedance of the line 107 which connects the port 101 and the port 103 is  $Z_1$  (the width of the line is  $W_1$ ) and the length of electrical wave is  $1/4$ . In addition, the line 109 which connects the port 102 and the port 104 has the impedance  $Z_2$  (the width of the line is  $W_2$ ) and the length of electrical wave is  $1/4$ . The line 110 has the impedance  $Z_3$  (the width of the line is  $W_3$ ) and the length of electrical wave is  $1/4$ . The port 101 and the port 103 are respectively connected to the connection points between the line 107 and the line 109 and between the line 107 and the line 110 of the impedance  $Z_c$  (the width of the line is  $W_c$ ). In addition, the

2

port 102 and the port 104 are respectively connected to the connection points between the line 108 and the line 109 and between the line 109 and the line 110 through the line 106 of the impedance  $Z_0$  (the width of the line is  $W_0$ ).

0004: The impedance  $Z_1$  is selected to be the impedance which is equivalent to the impedance  $Z_0$  divided by the square root of 2. In other words, it is selected to make the line  $W_1$  wider than the line  $W_0$ . The impedance  $Z_2$  is selected to be the same as the impedance  $Z_0$  and the width of the line  $Z_2$  will be the same as the one of the line  $Z_0$ . On this hybrid ring circuit, the high frequency signal which input in the port 101 will have the phase difference of 90 degree and will be output by bisecting but no signal will be output from the port 102. Thus the grade between the port 101 and the port 103 and between the port 103 and the port 104 will be the nominal 3dB.

0005:

Problems to be resolved by the invention:

However, on the aforementioned hybrid ring circuit, the shape of the pattern will be complicated when we change the lines to the strip lines since the two lines are alternated as a ring. In addition, it makes more difficult to design since the effective abbreviation rate will be different. Because of these reasons, there is a problem which is hard to get the characteristic as planned on the traditional hybrid ring circuit. Thus, this invention aims at providing the hybrid ring circuit which can comprise the ring with the lines which has the same width.

0006:

Summary of the invention: To solve the aforementioned problem, on this invention we connect the four lines as a ring. At the same time, on the hybrid ring circuit which has the connection points which are the input port or the output port of the impedance  $Z_0$ , and when we set the impedance  $Z_c$  as

(Number 3)

$$Z_c = Z_0 / \sqrt{2}$$

And when the impedances of the aforementioned four lines are all  $Z_c$  and the phase angle is  $\theta$ ,  
(Number 4)

$$\theta = \sin^{-1}(1/\sqrt{2})$$

we set the phase angle for the opposing lines of the aforementioned four lines as  $\theta$  and the



phase angle for the rest of the lines as  $\theta_2$  (180 degree-  $\theta_1$ ).

0007:

Operation of the invention: Since the width of the four lines is same, the characteristic impedance will be only one kind and this makes easier to design. In addition, we can get the required characteristic as planned.

Also when the lines are the strip lines, we don't need to consider the difference of the abbreviation rate, we can calculate the exact length of the lines and it makes easier to design.

0008:

Description of the preferred embodiments:

Figure 1 shows a hybrid ring circuit of this invention. In this figure, the impedances between the port P1 and the port P2 and between the port P3 and the port P4 are  $Z_c$  and these ports are connected to the lines 7 and 8 which phase angle is  $\theta_2$ . The impedances between the port P1 and the port P4 and between the port P2 and the port P3 are  $Z_c$  and these ports are connected to the lines 5 and 6 which phase angle is  $\theta_1$ . The width of these four lines 5, 6, 7, and 8 is all  $W$  and the impedance  $Z_c$  is shown as follows.

$$Z_c = Z_0 / \sqrt{2}$$

.....(1)

However,  $Z_0$  is the input and output impedance for the each port 1, 2, 3, and 4.

0009: In addition, the phase angle of the lines 5 and 6 is the same as the phase angle  $\theta_1$  which can be seen in the next formula and the phase angle  $\theta_2$  of the lines 7 and 8 is equal to (180 degree-  $\theta_1$ ). In other words, the phase angle of the circuit for the hybrid ring circuit is 360 degree.

(Number 6)

$$\theta_1 = \sin^{-1}(1/\sqrt{2})^2$$

.....(2)

Also the ports 1 and 3 are connected respectively to the connection points of the lines 5&7 and the lines 6&7. In addition, the ports 2 and 4 are connected respectively to the connection points of the lines 5&8 and the lines 8&6. Like this, the high frequency signal which is input in the port 1 will be output into the ports 3 and the port 4 by dividing in half but no signal will be output from the port 2. In other words, the grade among the ports 1, 3, and 4 is the nominal 3dB. Normally the port 2 is connected to the dummy

road of the impedance  $Z_0$ . Also the phase difference between the signals from the port 3 and the port 4 is 90 degree.

0010: Next, we would like to explain about the impedance  $Z_c$ , the phase angle  $\theta_1$  and the phase angle  $\theta_2$ . Generally, as for the impedance of the four lines on the hybrid ring circuit, the impedance  $Z_1$  of the opposing lines is

$$Z_1 = Z_c / \sqrt{2}$$

.....(3)

And the impedance  $Z_2$  of the rest of the lines is

$$Z_c = Z_0$$

.....(4)

However,  $Z_0$  is the input and output impedance for the each port. Thus, we set the geometrical average of the impedance  $Z_1$  and the impedance  $Z_2$  as  $Z_c$  as follows.

(Number 8)

$$Z_c = \sqrt{Z_1 \times Z_2} = \sqrt{Z_c \times Z_0 / \sqrt{2}} = Z_0 / \sqrt{2}$$

.....(5)

0011: In Figure 2, the line of the phase angle  $\theta_1 = 90$  is shown. To actualize the equivalent line by using the line of the impedance  $Z_c$ , the impedance  $Z_1$  must be smaller than the impedance  $Z_c$  and the phase must be smaller than 90 degree. In Figure 3, we can connect the condenser to both sides of the line 26 of the impedance  $Z_c$  and make the apparent impedance smaller. When the phase angle is  $\theta_1$ , the phase angle will be

$$\sin \theta_1 = Z_1 / Z_c$$

.....(6)

And if we assign the formula (3) and the formula (5) to this formula (6),

(Number 9)

$$\sin \theta_1 = Z_0 / \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} / Z_0 = 1 / \sqrt{2}$$

.....(7)

And we can get the phase angle  $\theta_1$  as can be seen in the formula (2) from this formula (7).

Also the condenser  $C$  will be as follows.

(Number 10)

$$C = 1 / W_0 \cdot Z_c \tan \theta_1$$

.....(8)

5

$\omega_0$  is the frequency of the center angle used.  
0012: In Figure 4, the line of the impedance Z2 and the phase angle  $\theta_2=90$  degree. To actualize the equivalent line by using the line of the impedance Zc, the impedance Z2 must be bigger than the impedance Zc and the phase angle must be bigger than 90 degree. As can be seen in Figure 5, we can connect inductors L to both sides of the line 32 of the impedance Zc and make the apparent impedance bigger.  
0013: When the phase angle is  $\theta_2$ , the phase angle  $\theta_2$  will be

$$\sin \theta_2 = Z_c / Z_2 \quad \text{.....(9)}$$

And if we assign the aforementioned formulas (4) and (5) to this formula (9),  
(Number 11)

$$\sin \theta_2 = Z_c / \lambda_0 \sqrt{2} \cdot 1 / Z_0 = 1 / \sqrt{2} \quad \text{.....(10)}$$

However, according to the aforementioned condition for the phase angle  $\theta_2$ , it will be  $90 < \theta_2 < 180$ , therefore the phase angle  $\theta_2$  will be  
(Number 12)

$$\theta_2 = 180 - (\sin^{-1} 1 / \sqrt{2}) = 180 - \theta_1 \quad \text{.....(11)}$$

And we can get the phase angle  $\theta_2$  as can be seen in the formula (11). The inductor L will be shown as follows  
(Number 13)

$$L = Z_c \tan \theta_2 / \omega^0 \quad \text{.....(12)}$$

$\omega_0$  is the frequency of the center angle used.  
0014: With using the equivalent lines to the line of the impedance Zc, the hybrid ring circuit comprise as can be seen in Figure 6. In this figure, the line 32 which has the impedance Zc in the formula (1) and the phase angle  $\theta_2$  in the formula (11) is connected between the port P1 and the port P2 and between the port P3 and the port P4, and the line 26 which has the impedance Zc in the formula (1) and the phase angle  $\theta_1$  in the formula (2) is connected between the port P1 and the port P4 and between the port P2 and the port P3  
0015: In addition, the condenser C and the inductor L are connected in parallel at the connection point of the lines 32 and 26. If the

6

synthetic admittance on the parallel circuits of the condenser C and the inductor L is set as B,

$$B = \omega_0 L - (1 / \omega_0 C) \quad \text{.....(13)}$$

However, the  $\omega_0$  is the frequency of center angle used. If we assign the aforementioned formulas (8) and (9) to this formula (13),

$$B = -Z_c (\tan \theta_1 + \tan \theta_2) \quad \text{.....(14)}$$

Thus, from the aforementioned formula (11),

$$\theta_2 = (180 - \theta_1)$$

and therefore,

$$\tan \theta_2 = -\tan \theta_1$$

Thus the synthetic admittance B in the aforementioned formula (14) will be shown as  
 $B=0$

0016: It is clear that the parallel circuit with the condenser C and the inductor L resonate in parallel at the frequency of center angle of  $\omega_0$ . Therefore, it is possible to abbreviate the parallel circuit with the condenser C and the inductor L in the area of the frequency of center angle  $\omega_0$ .

0017: In this case, the length of the line 26 will be shown as  
(Number 14)

$$L1 = \theta_1 / 360 \times \lambda_0 = \sin^{-1} (1 / \sqrt{2}) / 360 \times \lambda_0 \quad \text{.....(13)}$$

And the length of the line 32 will be shown as

(Number 15)

$$L2 = \theta_2 / 360 \times \lambda_0 = 180 - \sin^{-1} (1 / \sqrt{2}) / 360 \times \lambda_0 \quad \text{.....(14)}$$

The approximations of the length of line L1 and L2 in the aforementioned formulas will be as follows.

$$L1 \approx 0.159 \lambda_0 \quad \text{.....(15)}$$

$$L2 \approx 0.341 \lambda_0 \quad \text{.....(16)}$$

(5)

Japanese published unexamined application 1995-221514

$\lambda_0$  is the wave length at the frequency of center angle used.

0018: The hybrid ring in Figure 1 is the hybrid ring circuit which was made during this course of construction. For example, when the frequency of center angle  $\omega_0$  is 100MHz, and  $Z_0=50\Omega$  on the hybrid ring circuit in Figure 1, the impedance  $Z_c$  will be approximately  $42.045\Omega$  and the length  $L_1$  of the lines 5 and 6 will be approximately 477mm, the length  $L_2$  of the line 7 and 8 will be approximately 1023mm. The phase angle  $\theta_1$  will be approximately 57.23 degree and the phase angle  $\theta_2$  will be approximately 122.77 degree. If we input the signal of frequency  $\omega_0$  to the port P1 on this hybrid ring circuit, the signal will be output by dividing in half from the port P2 and the port P3 and no signal will be output from the port P4. In this case, it is better to connect the dummy road of the impedance  $Z_0$  to the port P4. In addition, this invention can be in a circular form.

0019:

Effect of the invention: Since this invention consists as mentioned above, the width of four lines which comprise the hybrid ring circuit are the same and the characteristic impedance of the lines will be only one kind. Thus, it makes

8

easier to design and enable to get the characteristic as planned. If we change the lines to the strip lines, we don't need to consider the difference of the abbreviation rate due to the width difference of the lines, we can calculate the exact length of the lines and it makes easier to design.

Brief description of the drawings:

Figure 1 shows a hybrid ring circuit of the invention.

Figure 2 shows one of the lines which comprise a hybrid ring circuit.

Figure 3 shows one of the equivalent lines which comprise a hybrid ring circuit.

Figure 4 shows one of the rest of the lines which comprise a hybrid ring circuit.

Figure 5 shows one of the rest of the equivalent lines which comprise a hybrid ring circuit.

Figure 6 shows a hybrid ring circuit which consists of the equivalent lines.

Figure 7 shows a traditional hybrid ring circuit.

Exposition of the signs:

Ports.....1, 2, 3, 4, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 101, 102, 103, 104

Lines.....5, 6, 7, 8, 23, 26, 29, 32, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Figure 1

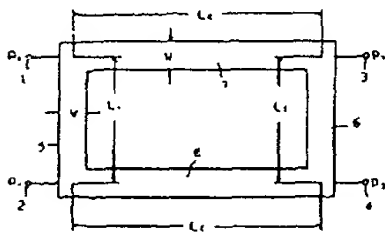


Figure 3

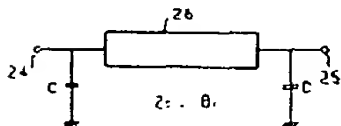


Figure 5

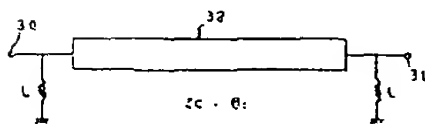


Figure 2

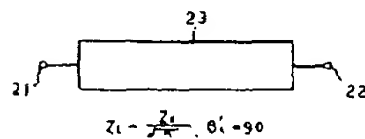


Figure 4

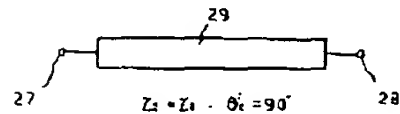


Figure 6

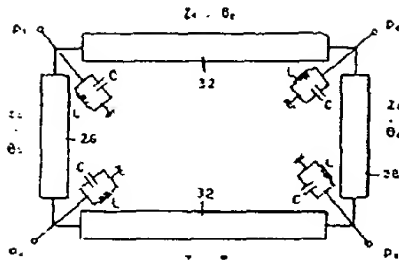


Figure 7

